Botánica
http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal
doi: https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v40n1.68658
Caldasia 40(1):54-70. Enero-junio 2018

Riqueza y afinidades geográficas de la flora de un bosque de *Abies religiosa* de la Faja Volcánica Transmexicana

Richness and geographical affinities of an *Abies religiosa´*s forest from the Transmexican Volcanic Belt

Carmen Zepeda-Gómez[1*], Cristina Burrola-Aguilar[2], María Elena Estrada-Zúñiga[2], Laura White-Olascoaga[1]

[1] Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias, Instituto Literario 100, 50000 Toluca, Estado de México, México. zepedac@uaemex.mx, laurawhiteo@yahoo.com.mx*

[2] Universidad Autónoma del Estado de México, Centro de Investigación en Recursos Bióticos, Instituto Literario 100, 50000 Toluca, Estado de México, México. cristinaburrola@yahoo.com.mx, malena87@live.com.mx

**Autor para correspondencia.*

RESUMEN

Los bosques de oyamel (*Abies religiosa)* del centro de México han estado sometidos a fuertes presiones humanas y la información sobre su riqueza y la afinidad geográfica de su flora en algunas regiones ha sido poco estudiada. Mediante recorridos de campo y colectas de ejemplares botánicos, se determinó la composición florística y los patrones de distribución geográfica actual de las familias, géneros y especies de un bosque de oyamel localizado en la Faja Volcánica Transmexicana. Se obtuvo una lista de 94 especies agrupadas en 74 géneros y 42 familias. El 67 % de la flora se concentra en 13 familias de las que Asteraceae destaca por contener el mayor número de especies (24,5 %) y géneros (22 %). La similitud florística entre la zona de estudio y bosques vecinos se incrementa con la cercanía geográfica. El 60 % de las familias son de amplia distribución y cerca del 50 % de los géneros son americanos distribuidos principalmente de México a Centroamérica. El 95,8 % de las especies son exclusivas de América, de las cuales el 44,2 % se encuentran solo en los límites de México y 36,8 % se distribuyen de México a Centroamérica. Entre las especies arbóreas predominan los elementos distribuidos de México a Centroamérica (61,4 %), mientras que entre los arbustos y hierbas sobresalen las especies endémicas de México (60 % y 43,6 %, respectivamente). La alta proporción de especies endémicas de la zona analizada demandan monitoreo continuo que garantice la generación de nuevas alternativas para su conservación.

Palabras clave. Bosque de oyamel, distribución geográfica, fitogeografía, florística, mariposa monarca.

ABSTRACT

Fir forests (*Abies religiosa*) in central Mexico have been subjected to strong human pressures and their richness and the geographic affinity of their flora in some regions have been poorly analyzed. Through field trips and collections of botanical specimens, the floristic composition and patterns of current geographical distribution of families, genera and species were determined of a fir forest located in the Transmexican Volcanic Belt. We obtained a list of 94 species grouped in 74 genera and 42 families. 67 % of the flora is grouped in 13 families of which Asteraceae family stands out for gather the largest number of species (24.5 %) and genera (22 %). The floristic similarity between the study area and neighboring forests increases with geographical proximity. 60 % of the families have a widespread distribution, while 50 % of the genera are exclusive of the Americas, distributed mainly from Mexico to Central America. At the species level 95.8 % have American distribution, of which 44.2 % are found only in Mexico and 36.8 % from Mexico to Central America. Among the tree

species 61.4 % elements are from Mexico to Central America, while the shrubs and herbs are mainly endemic species to Mexico (60 % and 43.6 % respectively). The high proportion of endemic species in the analyzed fir forest; require continuous monitoring to ensure the generation of new alternatives for its conservation.

Key words. Fir forest, floristic, geographical distribution, monarch butterfly, phytogeography.

INTRODUCCIÓN

Los bosques de oyamel (*Abies* spp) son comunidades vegetales densas, en México se distribuyen entre los 2400 y los 3600 m de altitud en la zona ecológica templada subhúmeda (Sánchez-González *et al*. 2005). Forman manchones aislados de bosques puros o mixtos cuyas características florísticas y ecológicas están directamente relacionadas con factores climáticos y edáficos locales (Rzedowski 2006). A lo largo del territorio mexicano, la deforestación (Vidal *et al*. 2013), el cambio de uso del suelo (Ávila *et al*. 1994), los incendios forestales (Ángeles-Cervantes y López-Mata 2009), la contaminación (Saavedra-Romero *et al*. 2003) y el cambio climático (Villers-Ruíz y Trejo-Vázquez 1998, Sáenz-Romero *et al*. 2012) han mantenido por décadas una fuerte presión sobre ellos, lo que ha ocasionado la disminución de su extensión original, la modificación de su estado de conservación y la calidad de los servicios ambientales que ofrecen.

Actualmente los bosques de *Abies* constituyen menos del 0,1 % del área boscosa de México (SNIF c2012), las masas forestales más extensas se distribuyen en la zona central del territorio, específicamente sobre la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), donde bosques puros dominados por árboles de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham de 20 a 30 m de alto, cubren extensos terrenos de las faldas de imponentes volcanes como el Xinantécatl, el Popocatépetl, el Iztaccíhuatl y otros (Rzedowski 2006). La flora de los bosques de *Abies* de la FVT está compuesta por 76 familias, 222 géneros y 510 especies (Sánchez-González *et al*. 2005), no obstante, cada masa forestal de la FVT muestra una composición florística particular y un porcentaje reducido de elementos compartidos tanto a nivel de género como de especie (Ávila-Bello y López-Mata 2001, Sánchez-González *et al*. 2005).

La afinidad geográfica de la flora del bosque de *Abies* ha sido poco estudiada (Rzedowski 2006, Sánchez-González *et al*. 2006); a nivel de género los bosques de coníferas de México mantienen un número importante de componentes autóctonos, aunque en proporciones menores a los elementos de afinidad meridional y boreal, los cuales tienden a ser equivalentes (Rzedowski 1998). Los bosques de *A. religiosa* del centro de México están constituidos principalmente por familias y géneros de amplia distribución, a nivel de especie los pocos registros indican el predominio de elementos americanos (Sánchez-González *et al*. 2006).

Los bosques de *A. religiosa* de la FVT, específicamente de las serranías que forman el Nevado de Toluca y áreas aledañas, constituyen importantes zonas forestales de alto valor biológico y económico, junto con bosques de pino, encino y pino-encino conforman el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (Endara y Herrera 2016) y el Parque Estatal Santuario de Agua Presa Corral de Piedra (SAPCP) (Martínez *et al*. 2009). Los bosques de *A. religiosa* del SAPCP son el hábitat de arribo invernal

de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* Linnaeus, 1758) y constituyen un ecosistema con alta capacidad para la recarga de mantos acuíferos (SMA-GEM 2006, Martínez *et al.* 2009). La diversidad vegetal que alberga esta área protegida y sus alrededores ha sido poco estudiada, los bosques de *A. religiosa* se encuentran relativamente perturbados dado que en las últimas décadas han estado sometidos a procesos de deterioro y fragmentación constante (SMA-GEM 2006, Martínez *et al*. 2009), que ponen en peligro su viabilidad como área de conservación, así como la permanencia de los servicios que aportan. La información biológica de la región es general, los estudios fitogeográficos para este tipo de bosques son escasos y la presión a la que están siendo sometidos es alta; por ello los objetivos de la presente investigación fueron: (1) determinar la composición florística del bosque de *A. religiosa* del Santuario de Agua Presa Corral de Piedra, (2) analizar los patrones de distribución geográfica actual de su flora y (3) determinar la similitud florística que presenta con respecto a otros bosques de *A. religiosa* del centro de México, para aportar elementos que fortalezcan los programas de manejo y conservación en el área y en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área natural que conforma el Parque Estatal Santuario de Agua Presa Corral de Piedra (SAPCP) se ubica hacia la zona sureste del Estado de México, en la micro-cuenca hidrológica Amanalco-Valle de Bravo de la cuenca alta del río Balsas. Colinda con la zona noroeste del Área de Protección de Flora y Fauna, Nevado de Toluca y en conjunto forman parte de la Faja Volcánica Transmexicana; cubre una superficie de 3622 ha (Fig. 1) (GEM 2007) y tiene un intervalo altitudinal de 2660 a 3440 m. En las partes bajas el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, por arriba de los 2900 m predomina el clima semifrío subhúmedo. La temperatura media anual es de 13 ºC, la máxima de 29,7 ºC y la mínima de 0,5 ºC, con tendencia a mantener heladas más de 60 días del año (Rentería *et al*. 2005, SMA-GEM 2006). La vegetación está constituida principalmente por bosques de oyamel (*A. religiosa*), de pino (*Pinus* sp.) y mixtos de pino y encino (*Pinus* sp. *Quercus* sp.). El bosque de oyamel estudiado es el más extendido, ocupa un área aproximada de 1800 ha y se mantiene en estado relativamente bien conservado en los lomeríos con pendientes mayores a 40º (SEMARNAT 2006).

Recolección de ejemplares

De julio de 2013 a noviembre de 2014 se realizaron 31 salidas de campo y cada 15 días los diferentes manchones bosques de *A. religiosa* de la zona de estudio se recorrieron para recolectar un número representativo de ejemplares de plantas vasculares. El material recolectado se procesó mediante las técnicas convencionales descritas por Lot y Chiang (1986). La identificación taxonómica se realizó con el uso de claves disponibles en bibliografía especializada como floras y monografías. Los ejemplares determinados se cotejaron con los de las colecciones de los herbarios ENCB (Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN) y MEXU (Herbario Nacional del Instituto de Biología, UNAM); un duplicado de ellos se depositó en el Herbario de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México. Las familias se ordenaron según el sistema de clasificación del APG (2016). Las abreviaturas de los autores se citaron de acuerdo con Villaseñor *et al*. (2008). Para la nomenclatura de las

especies se usó la base de datos The Plant List (c2013), cuando el nombre binario se indicó como no resuelto se usó el nombre aceptado por el Missouri Botanical Garden (Tropicos c2014). La información sobre la distribución geográfica de las familias y géneros se basó principalmente en el trabajo de Heywood (1985) y Mabberley (1993), mientras que el de las especies en Calderón y Rzedowski (2001); se consideraron las categorías utilizadas en el trabajo realizado por Sánchez-González *et al*. (2006).

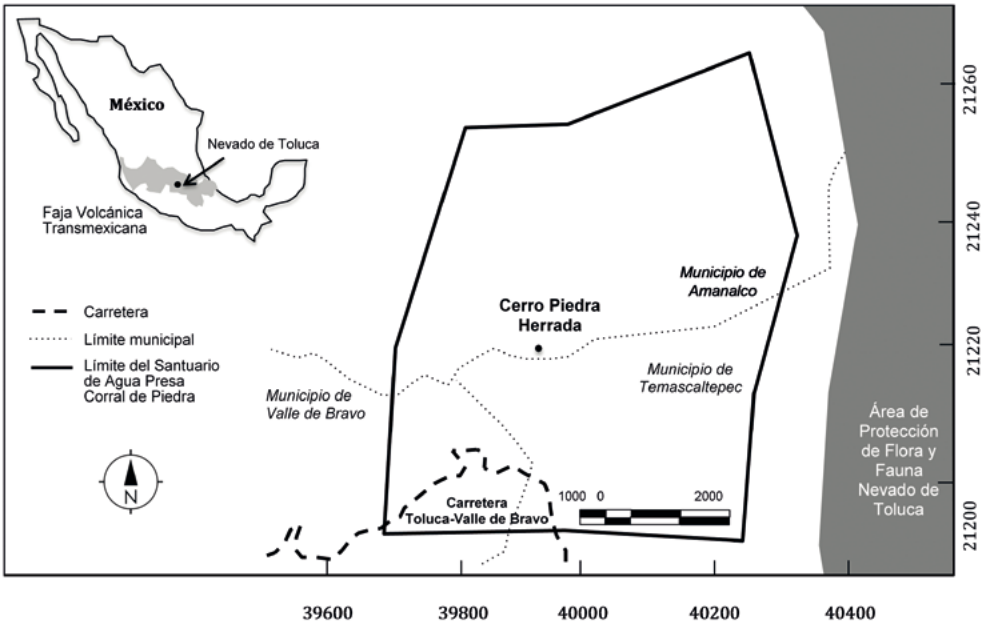

Figura 1. Mapa de ubicación del Parque Estatal Santuario de Agua Presa Corral de Piedra.

Análisis de resultados

Para determinar la semejanza florística del bosque de *A. religiosa* de la zona de estudio con otros bosques de *Abies* de la FVT cercanos, se realizó un análisis de clasificación utilizando la estrategia aglomerativa de la media aritmética sin ponderación (UPGMA, Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages) como medida de agrupamiento y el índice de similitud de Simpson como medida de semejanza (Moreno 2001). El análisis se ejecutó en el programa PAST 1.90 (Hammer *et al*. 2001) con datos de presencia-ausencia de las especies registradas en los trabajos de bosques de *A. religiosa* del Monte Tláloc, Estado de México (Sánchez-González 2004, Sánchez-González *et al.* 2006), Sierra de Chichináutzin, Ciudad de México (Silva-Pérez 1998), Sierra del Ajusco, Ciudad de México (Álvarez del Castillo 1987, Nieto de Pascual 1995) y la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, Estado de México y Michoacán (Cornejo-Tenorio *et al.* 2003). Adicionalmente, se estimó la distancia lineal promedio entre cada una de las regiones anteriores.

RESULTADOS

Riqueza y composición florística

La flora de la zona de estudio se compone de 94 especies (Tabla 1), 74 géneros y

42 familias de plantas. Trece familias concentran el 67 % del total de la flora, se destacan entre ellas Asteraceae, Lamiaceae, Pinaceae, Rosaceae y Solanaceae por presentar el mayor número de especies (Fig. 2); y Asteraceae, Rosaceae y Solanaceae el mayor número de géneros. La familia Asteraceae sobresale ya que incluye el 22 % y 24,5 % del total de los géneros y especies de la flora analizada, respectivamente. Los géneros con el mayor número de especies fueron *Salvia* (cinco especies), *Pinus* (cuatro especies) y *Quercus* (tres especies) (Tabla 1). El 25 % de la flora reportada está compuesta por especies de hábito arbóreo, el 32 % arbustivo y el 43 % herbáceo.

Similitud florística: El dendrograma (Fig. 3a) organiza a los bosques de *A. religiosa* en dos grupos: el primero está constituido por Monte Tláloc, Sierra del Ajusco y Sierra de Chichinautzin localidades que geográficamente se encuentran cercanas entre sí (Fig. 3b). El segundo grupo está formado por la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y el Santuario de Agua Presa Corral de Piedra (SAPCP; ISs = 0,57), ambas geográficamente más próximas entre sí que con los integrantes del primer grupo (Fig. 3b).

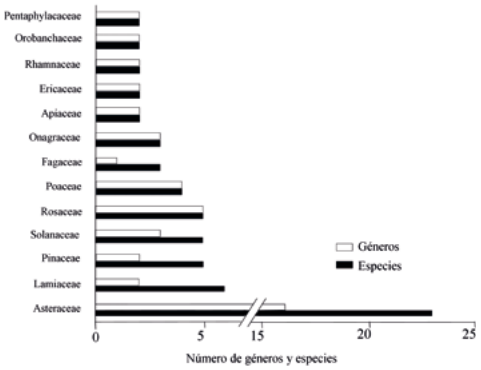

Figura 2. Riqueza de familias con dos o más géneros (barras claras) y especies (barras obscuras) de la flora del bosque de *Abies religiosa* del Parque Estatal Santuario de Agua Presa Corral de Piedra.

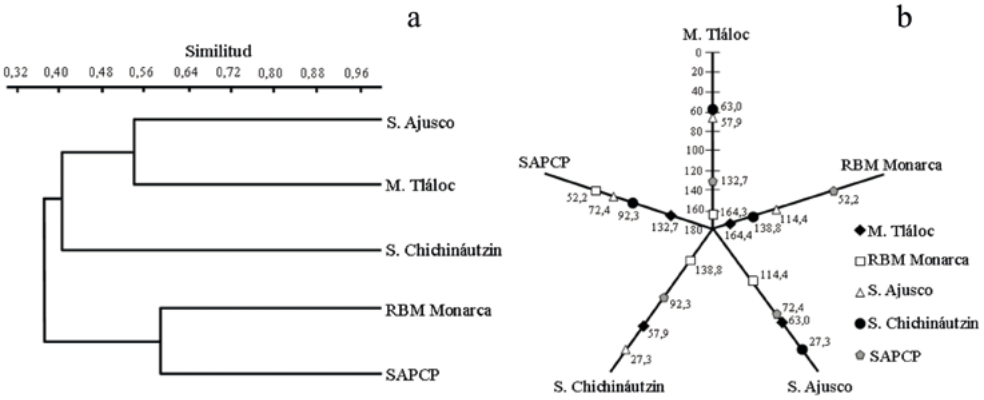

Figura 3. a. Diagrama de similitud florística, método UPGMA como medida de agrupamiento e índice de similitud de Simpson como medida de proximidad, coeficiente de correlación cofenética= 0,77. **b.** Distancias lineales (kilómetros) entre los bosques *Abies religiosa* del Parque Estatal Santuario de Agua Presa Corral de Piedra (SAPCP), Monte Tláloc (M. Tláloc), Sierra de Chichináutzin (S. Chichinautzin), Sierra del Ajusco (S. Ajusco) y Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca (RBM Monarca).

Afinidades geográficas

La distribución geográfica actual de las familias se organiza en tres categorías (Sánchez-González *et al*. 2006): Amplia Distribución, Tropical y Subtropical y del Hemisferio Norte. El mayor porcentaje de familias se encuentra en la categoría de Amplia Distribución (60 %), dentro de la cual las más abundantes son las cosmopolitas y subcosmopolitas (36 %), seguidas por aquellas que se distribuyen preferentemente en zonas tropicales y templadas (28 %) y en zonas templadas (12 %). En la categoría de familias tropicales y subtropicales, cinco se distribuyen principalmente en zonas tropicales (42 %) y cinco en zonas tropicales y subtropicales (42 %). La categoría de familias con distribución en el Hemisferio Norte presentó el menor número de integrantes (cinco familias) de las cuales cuatro son de zonas templadas y una de afinidad euroasiática (Fig. 4a).

Los 74 géneros registrados en la zona de estudio se ordenan en cuatro categorías generales de distribución: América (50 %), Amplia Distribución (31,1 %), Hemisferio Norte (16,2 %) y Tropical y Subtropical (2,7 %) (Fig. 4b). Los elementos americanos a su vez se organizan en seis clases de acuerdo con su distribución actual, el mayor porcentaje se distribuye de México a Centroamérica (27 %), además sobresalen en segundo lugar los elementos distribuidos de Norte a Centroamérica y de México a Suramérica (24,3 % respectivamente); cinco géneros (13,5 %) están presentes principalmente de Norte a Suramérica. La categoría de géneros con distribución en el Hemisferio Norte incluye elementos de afinidad templada (58,3 %) y templada-fría (25 %); un porcentaje menor está representado por elementos tropicales y subtropicales y aquellos especialmente tropicales (8,3 %). Dos géneros (2,7 %) pertenecen a la categoría tropical y subtropical y de ellos uno (50 %) se distribuye preferentemente en zonas tropicales y subtropicales y el otro en zonas templadas. En la categoría de Amplia Distribución predominan los géneros cosmopolitas y subcosmopolitas y los que se distribuyen preferentemente en zonas tropicales y subtropicales (39,1 % respectivamente), cinco géneros (21,7 %) se distribuyen principalmente en zonas templadas y templadas frías (Fig. 4b).

Por su parte la distribución actual de las especies recolectadas se organiza en siete categorías (Fig. 4c). Un gran porcentaje (95,8 %) de las especies son exclusivas de América y dentro de ellas 44,2 % se distribuyen solo en los límites de México, 36,8 % son exclusivas de México a Centroamérica y 7,4 % se distribuye de México a Suramérica (Fig. 4c). Entre las formas de crecimiento arbóreo y arbustivo, solo una especie de árbol tiene un patrón amplio de distribución, el resto son exclusivas de América; específicamente el 61,5 % de las especies arbóreas se distribuyen de México a Centroamérica y el 26,9 % son endémicas de México. Para el caso de las especies de arbustos, el mayor porcentaje es endémico de México (60 %) seguido por los elementos de distribución de México a Centroamérica (23,3 %) (Fig. 4c). En el grupo de las herbáceas predominan las especies americanas, en particular las endémicas de México (43,6 %) y las de distribución de México a Centroamérica (30,8 %) (Fig. 4c).

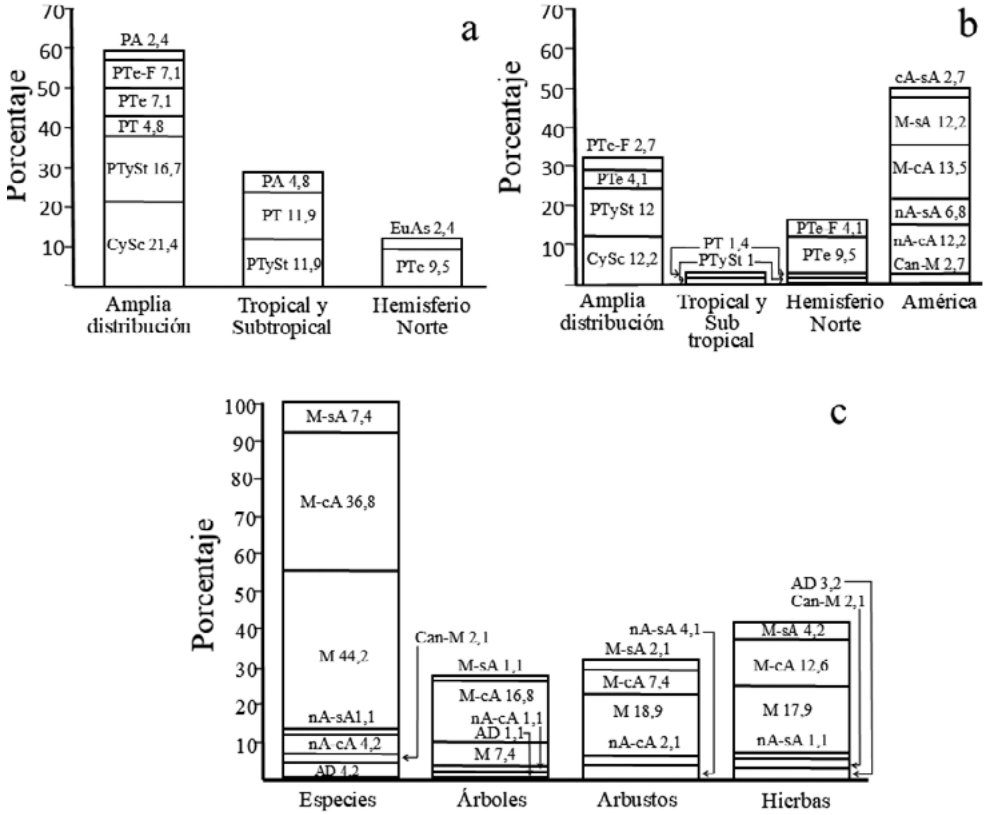

Figura 4. Afinidades geográficas de: **a.** familias, **b.** géneros y **c.** especies de la flora del bosque de *Abies religiosa* del Parque Estatal Santuario de Agua Presa Corral de Piedra. CySc= Cosmopolitas y Subcosmopolitas, PTySt= preferentemente tropicales y subtropicales, PT= preferentemente tropical, PTe= preferentemente templado, PTe-F= preferentemente templado-frías, PA= preferentemente en América, AD= amplia distribución, EuAs= euroasiáticas, Can-M= Canadá o Estados Unidos-México, nA-cA= Norteamérica-Centroamérica, nA-sA= Norteamérica-Suramérica, M-cA= México-Centroamérica, M-sA= México-Suramérica, cA-sA= Centroamérica-Suramérica-Las Antillas.

DISCUSIÓN

El bosque de *A. religiosa* del Santuario de Agua Presa Corral de Piedra (SAPCP) resguarda el 18 % de la flora reconocida para los bosques de oyamel de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y el 1,8 % para la flora del Estado de México (Sánchez-González *et al*. 2005, Villaseñor 2016). Esta riqueza de especies del SAPCP es comparable con la reportada para otros bosques de *Abies* a lo largo de la FVT que contienen en algunos casos una riqueza similar (98-104 especies; Narave 1985, Almeida-Leñero 1997), inferior (75-78 especies; Hernández 1995, Castillejos y Ramírez 1992, Silva-Pérez 1994) o incluso superior (138-215 especies; Osorio 1984, Sánchez-González 2004, Cornejo-Tenorio *et al*. 2003). Las variaciones en la riqueza se podrían asociar a los diferentes criterios de delimitación y análisis de la comunidad considerados en cada investigación.

Si se analiza el grado de asociación de la composición florística de la zona de estudio con la de cuatro bosques de *A.*

religiosa vecinos, se observa que en general comparten un número pequeño de especies y tienden a agrupase en función de la presencia/ausencia de otras. El análisis de similitud florística mostró dos grupos; el primero está constituido por las localidades de Sierra de Ajusco, Monte Tláloc y Sierra de Chichináutzin (Fig. 3a) y el segundo por la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y el SAPCP (ISs = 0,57). La desigualdad de extensión, enfoque, métodos y esfuerzo de muestreo de los estudios considerados en la comparación florística podrían explicar la baja similitud entre las zonas analizadas. Además, es probable que la mayor distancia geográfica entre los bosques del grupo uno y dos esté relacionada con cambios más marcados en las condiciones ambientales, lo que se traduce en una baja similitud florística (Calderón-Patrón *et al.* 2012). A pesar de que el tamaño del área del SAPCP (3622 ha) es significativamente menor que el de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca (56,259 ha; Cornejo-Tenorio 2003), ambos comparten un mayor número de especies entre sí que con las otras tres zonas incluidas en el grupo uno (Fig. 3a). La semejanza florística al interior del grupo dos está asociada con condiciones climáticas y edáficas similares entre ellas (Cornejo-Tenorio *et al*. 2003, SMA-GEM 2006, Martínez *et al*. 2009), derivado de su cercanía geográfica (Fig. 3b). En México, la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca es la principal zona de arribo de *D. plexippus* y la similitud florística que la SAPCP muestra con ella podría explicar inicialmente la presencia de las colonias de monarcas en la zona de estudio, pero sobre todo apunta a su viabilidad como área alternativa de arribo masivo de mariposas de la Reserva de la Biosfera, si el deterioro ambiental en ella no se detiene.

Considerando la composición florística del SAPCP, el 59 % de los géneros y el 67 % de las especies de la flora se concentran en trece de las 42 familias registradas. Familias como Asteraceae, Lamiaceae, Pinaceae, Poaceae, Rosaceae y Solanaceae agrupan la mitad de la flora de la zona de estudio debido a que están entre las 12-15 familias más ricas y frecuentes de México (Villaseñor 2003) y de los bosques templados de la FVT (Narave 1985, Silva-Pérez 1998, Cornejo-Tenorio *et al*. 2003, Sánchez-González *et al.* 2005, 2006). Un patrón similar presenta la flora de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, con la que la zona de estudio comparte un número importante de especies, las familias arriba citadas, con excepción de Pinaceae, también presentaron la mayor riqueza. En el SAPCP Asteraceae presentó el mayor número de géneros y especies, su prevalencia se debe a que constituye la familia de angiospermas más numerosa en géneros y especies de México (Villaseñor 2003, 2004) y la que más elementos aporta a la flora de los bosques templados del territorio nacional (Villaseñor y Ortiz 2014). Además, la zona de estudio se ubica dentro de la FVT, la cual es centro de diversidad y endemismo de Asteraceae (Villaseñor y Ortiz 2007).

A nivel de género, el mayor número de especies se presentó en *Salvia* (cinco especies, cuatro endémicas), *Pinus* (cuatro especies, una endémica) y *Quercus* (tres especies, dos endémicas) (Tabla 1). *Salvia* es el género más diverso de la familia Lamiaceae (Harley *et al*. 2004) y de la República Mexicana (Villaseñor 2016) con cerca del 76 % de especies mexicanas (Martínez-Gordillo *et al.* 2013), especialmente en los bosques de coníferas (Ramamoorthy y Elliot 1998). De la misma forma, el predominio de especies mexicanas de los géneros *Pinus* y *Quercus* se justifica porque son de los 20 géneros más diversos de la flora del país (Villaseñor 2004, 2016) y porque México es centro secundario de diversificación de pinos y encinos (Gernandt y Pérez-de la Rosa 2014, Valencia-A 2004).

La distribución de los valores de la flora por tipo de hábito coincide con el patrón observado para los géneros de plantas vasculares de México (Villaseñor 2004). Sin embargo, al comparar la proporción de especies de árboles y herbáceas de la zona de estudio con la reportada para otros bosques de oyamel, como la del Cerro Tláloc (11 y 104 especies, 8 y 76 % respectivamente; Sánchez-González *et al.* 2006) y la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca (17 y 171 especies, 7 y 79 % respectivamente; Cornejo-Tenorio *et al*. 2003), se observa que la zona de estudio presenta mayor equitatividad en la proporción de especies por hábito y en general menor proporción de herbáceas.

El análisis de los patrones de distribución geográfica de la flora reveló que el 60 % de las familias de la zona de estudio son de amplia distribución, seguido por aquellas con distribución en zonas tropicales y subtropicales (29 %, Fig. 4a), de acuerdo con Rzedowski (1991a) esto se debe a que muchos elementos de la flora de México, o al menos sus antecesores, arribaron al país de otras partes del continente o del mundo. A nivel de género se encontró que el 50 % son americanos, distribuidos principalmente de México a Centroamérica (27 %). La alta proporción de géneros americanos en la zona de estudio es consistente con las estimaciones que proponen que la mayoría de los géneros en la flora de México son típicamente americanos (Villaseñor 2004) y justamente son los bosques templados de México en donde se registra la mayor riqueza de especies y de géneros de la flora mexicana (Villaseñor 2004, Villaseñor y Ortiz 2014). En el caso de los bosques de *A. religiosa* de la FVT, Sánchez-González *et al*. (2006) reportan el predominio de géneros de amplia distribución sobre los que se encuentran preferentemente en América, una situación diferente a la zona de estudio, porque la flora que estos autores analizaron presenta un mayor número de especies arbustivas y herbáceas tolerantes a perturbaciones humanas constantes, mientras que en el SAPCP la condición de menos disturbio del bosque por actividades humanas, disminuye las posibilidades de arribo y establecimiento de malezas o ruderales.

Los patrones de distribución de las especies muestran una flora con dominio de elementos Americanos (95,8 %) de los cuales un alto porcentaje corresponde a especies restringidas a los límites de México (44,2 %), sobre todo de arbustos (60 %) y hierbas (43,6 %). En la flora de México se estima que la proporción de especies endémicas se encuentra entre 48 % y 50 %, entre las cuales las hierbas y los arbustos son los más diversos (Rzedowski 1991b, Villaseñor y Ortiz 2014). En los bosques de coníferas y de encino mexicanos el predominio de especies americanas y endémicas es de alrededor de 70 % (Rzedowski 1991a), y particularmente las masas forestales de la FVT se destaca por el alto número de endemismos en Asteraceae (Villaseñor y Ortiz 2007) y Lamiaceae (Ramamoorthy y Elliott 1998), así como en gimnospermas (Contreras-Mendieta *et al*. 2007) y briofitas (Delgadillo *et al*. 2003). De Luna (1985) y Rzedowski (1991b) proponen que la riqueza de endemismos en las regiones montañosas de México es producto del aislamiento ecológico y de una larga e intensa evolución *in situ*, lo que combinado con la gran heterogeneidad ambiental y la compleja historia geológica de México, probablemente facilitó la especiación y la hibridación de especies (Morrone 2010).

En el análisis de las afinidades se observa que la flora del SAPCP presenta una importante relación florística con Centroamérica (36,8 %), particularmente de especies de hábito arbóreo (61,5 %). La composición y diversidad de los bosques subhúmedos

de clima templado de México, se han asociado a cambios geológicos y climáticos que ocurrieron desde el Terciario y el Cuaternario (Graham 1973), de tal forma que las relaciones que México ha mantenido con Norte y Centroamérica a lo largo de la historia pueden explicar la presencia de géneros meridionales y boreales en los bosques de coníferas (Rzedowski 1991a). Si bien en el estrato arbóreo de los bosques de *Abies* de México y en particular en los de la FVT, existe una elevada proporción de elementos boreales (Rzedowski 2006, Guerrero-Hernández 2014), el énfasis de las afinidades meridionales a nivel especifico se puede asociar a que algunos elementos como *Abies*, *Alnus*, *Crataegus*, *Pinus*, *Quercus* y *Salix* entre otros, han tenido procesos de evolución que originaron especies mexicanas con áreas de distribución extendidas más hacia Centroamérica que hacia Estados Unidos de América (Rzedowski 2006).

Los resultados que se presentan en este estudio muestran el papel que desempeña el SAPCP como área de conservación de la flora mexicana, no sólo por la riqueza de sus elementos sino también por el alto porcentaje de especies endémicas mexicanas que alberga en una extensión relativamente pequeña. Asociado a ello está el hecho de que el SAPCP constituye uno de los pocos sitios de arribo de la mariposa monarca del centro de México con masas forestales relativamente conservadas, aunque su diversidad y la de las zonas aledañas como el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, ha sido escuetamente estudiada (Villers-Ruíz *et al*. 1998, Endara *et al.* 2012). La casi exclusividad de *A. religiosa* como hospedero de la mariposa monarca y el escenario desalentador que exponen el cambio de uso de suelo y las variaciones climáticas sobre los bosques de oyamel del centro de México (Sáenz-Romero *et al.* 2012), hacen necesario el desarrollo de estudios detallados que faciliten la toma de decisiones para el manejo y conservación de los bosques de *A. religiosa* del Centro de México y en consecuencia del hábitat de la mariposa monarca. Bajo este panorama, se sugiere la realización de estudios detallados de la problemática biológica, ambiental y socioeconómica del SAPCP que permitan un mayor conocimiento del área y la generación de estrategias eficaces para mantener su viabilidad como área de conservación y recarga de agua.

Tabla 1. Lista de especies del bosque de *Abies religiosa* del Santuario de Agua Presa Corral de Piedra.

FAMILIA	ESPECIE	HÁBITO	DISTRIBUCIÓN
DIVISIÓN POLYPODIOPHYTA			
Aspleniaceae	*Asplenium monanthes* L.	H	AD
Dryopteridaceae	*Dryopteris wallichiana* (Spreng.) Hyl.	H	AD
Pteridaceae	*Adiantum andicola* Liebm.	H	M-cA
DIVISIÓN PINOPHYTA			
Cupresaceae	**Cupressus lusitanica* Mill.	A	M-cA
Pinaceae	*Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham	A	M-cA
	Pinus hartwegii Lindl.	A	M-cA

(*Continúa*)

FAMILIA	ESPECIE	HÁBITO	DISTRIBUCIÓN
	Pinus leiophylla Schiede ex Schltdl. et Cham.	A	M
	Pinus montezumae Lamb.	A	M-cA
	Pinus pseudostrobus Lindl.	A	M-cA
DIVISIÓN MAGNOLIOPHYTA CLASE MONOCOTILEDONEAS			
Amaryllidaceae	*Zephyranthes fosteri* Traub	H	M
Iridaceae	*Orthrosanthus exsertus* (R.C.Foster) Ravenna	H	M
Poaceae	*Festuca tolucensis* Kunth	H	M-cA
	Muhlenbergia macroura (Kunth) Hitchc.	H	M-cA
	Poa annua L.	H	AD
	Peyritschia pringlei (Scribn.) S.D.Koch	H	M-cA
CLASE EUDICOTILEDONEAS			
Adoxaceae	*Sambucus nigra* L.	A	AD
Amaranthaceae	*Iresine diffusa* Humb. & Bonpl. ex Willd.	AR	nA-sA
Apiaceae	*Arracacia atropurpurea* (Lehm.) Benth. et Hook. f. ex Hemsl.	H	M-cA
	Eryngium alternatum J.M.Coult. et Rose	H	M
Araliaceae	*Oreopanax xalapensis* (Kunth) Decne. et Planch.	A	M-cA
Asteraceae	*Ageratina glabrata* (Kunth) R.M.King et H.Rob	AR	M
	Ageratina mairetiana (DC.) R.M.King et H.Rob.	AR	M-cA
	Ageratina petiolaris (Moc. & Sessé ex DC.) R.M. King et H. Rob.	AR	M
	Archibaccharis hirtella (DC.) Heering	AR	M
	Archibaccharis serratifolia (Kunth) S.F. Blake	AR	M-cA
	Baccharis conferta Kunth	AR	M
	Barkleyanthus salicifolius (Kunth) H. Rob. et Brettell	AR	nA-cA
	Bidens triplinervia Kunth	H	M-sA
	Cirsium ehrenbergii Sch. Bip.	H	M
	Cirsium subcoriaceum (Less.) Sch. Bip.	H	M-cA
	Coreopsis petrophiloides Rob. et. Greenm	H	M
	Cosmos bipinnatus Cav.	H	Can-M

(*Continúa*)

FAMILIA	ESPECIE	HÁBITO	DISTRIBUCIÓN
	Packera sanguisorbae (DC.) C. Jeffrey	H	M
	Packera toluccana (DC.) W.A. Weber et Á. Löve	H	Can-M
	Piqueria pilosa Kunth	H	M
	Roldana albonervia (Greenm.) H. Rob. et Brettell	AR	M
	Roldana angulifolia (DC.) H.Rob. et Brettell	AR	M
	Roldana barba-johannis (DC.) H. Rob. et Brettell	AR	M-cA
	Rumfordia floribunda DC.	AR	M
	Senecio callosus Sch. Bip.	H	M-cA
	Senecio cinerarioides Kunth	AR	M
	Verbesina oncophora B.L. Rob. et Seaton	AR	M
	Telanthophora andrieuxii (DC.) H. Rob. et Brettell	AR	M
Betulaceae	*Alnus acuminata* Kunth	A	M-sA
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus* Kunth	AR	AD
	Valeriana vaginata Kunth	Ar	M
Clethraceae	*Clethra mexicana* DC.	A	M
Cornaceae	*Cornus disciflora* Moc. et Sessé ex DC.	A	M-cA
Crassulaceae	*Altamiranoa mexicana* (Schltdl) Rose	H	M
Ericaceae	*Arbutus xalapensis* Kunth	A	nA-cA
	**Comarostaphylis discolor* (Hooker) G.M. Diggs	A	M-cA
Fabaceae	*Lupinus montanus* Kunth	H	M-cA
Fagaceae	*Quercus laurina* Humb. et Bonpl.	A	M
	Quercus crassipes Humb. et Bonpl.	A	M
	Quercus sp.	A	M-cA
Garryaceae	*Garrya laurifolia* Hartw. ex Benth.	A	M-cA
Hydrophyllaceae	*Nama prostrata* Brand	H	M
Lamiaceae	*Clinopodium macrostemum* (Moc. et Sessé ex Benth.) Kuntze	AR	M
	Salvia elegans Vahl	AR	M
	Salvia fulgens Cav.	AR	M
	Salvia carnea Kunth	H	M-cA

(*Continúa*)

FAMILIA	ESPECIE	HÁBITO	DISTRIBUCIÓN
	Salvia laevis Benth.	H	M
	Salvia lavanduloides Benth.	H	M-cA
Loranthaceae	*Arceuthobium abietis-religiosae* Heil.	H	M
Lythraceae	*Cuphea jorullensis* Kunth	H	M
Onagraceae	*Fuchsia microphylla* Kunth	AR	M-cA
	Lopezia racemosa Cav.	H	M-cA
	Oenothera deserticola (Loes.) Munz	H	M
Oxalidaceae	*Oxalis alpina* (Rose) Kunth	H	nA-cA
Papaveraceae	*Bocconia frutescens* L.	AR	M-sA
Phytolaccaceae	*Phytolacca icosandra* L.	H	M-sA
Polygalaceae	*Monnina ciliolata* DC.	AR	M
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus* Lag.	A	M-cA
	Frangula mucronata (Schltdl.) Grubov	A	M-cA
Rosaceae	*Acaena elongata* L.	AR	M-cA
	Crataegus mexicana Moc. et Sessé ex DC.	A	M-sA
	Fragaria vesca L.	H	M
	Prunus serotina Ehrh.	A	M-sA
	Rubus pringlei Rydb.	AR	M-cA
Salicaceae	*Salix paradoxa* Kunth	A	M
Saxifragaceae	*Heuchera orizabensis* Hemsl.	H	M
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata* Kunth	A	M-cA
Orobanchaceae	*Castilleja scorzonerifolia* Kunth	H	M-sA
	Castilleja tenuiflora Benth.	H	M
Pentaphylacaceae	*Cleyera integrifolia* (Benth.) Choisy	A	M
	Ternstroemia sylvatica Schltdl. et Cham	A	M
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum* Kunth	AR	M
	Physalis coztomatl Moc. et Sessé ex Dunal	H	M
	Physalis orizabae Dunal	H	M
	Solanum appendiculatum Dunal	H	M-cA
	Solanum nigricans M. Martens et Galeotti	AR	M-cA
Styracacea	*Styrax argenteus* Presl	A	M-cA

(*Continúa*)

FAMILIA	ESPECIE	HÁBITO	DISTRIBUCIÓN
Symplocaceae	*Symplocos citrea* Lex. Llave et Lex.	AR	M
Verbenaceae	*Lippia mexicana* G. L. Nesom.	AR	M

A = árbol, AR = arbusto, H = hierba. AD = amplia distribución, Can-M = Canadá o Estados Unidos-México, nA-cA = Norteamérica-Centroamérica, nA-sA = Norteamérica-Sudamérica, M = México, M-cA = México-Centroamérica, M-sA = México-Sudamérica, cA-sA = Centroamérica-Sudamérica-Las Antillas. * Especies sujetas a protección especial (SEMARNAT 2010).

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

CZG concepción, diseño, trabajo de campo, análisis de información y escritura de documento; CBA trabajo de campo y análisis de información; MEEZ diseño y escritura de documento; LWO revisión taxonómica y análisis de información.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

A Javier Manjarrez por el apoyo en el trabajo de campo, a la Universidad Autónoma del Estado de México por las facilidades otorgadas (Proyecto 4539/2018/CI) y a los revisores anónimos por las aportaciones que enriquecieron el documento final.

LITERATURA CITADA

Almeida-Leñero GL. 1997. Vegetación, fitogeografía y paleoecología del zacatonal alpino y bosques montanos de la región central de México. [Tesis]. [Países Bajos]: University of Amsterdam.

Álvarez del Castillo C. 1987. La Vegetación de la Sierra del Ajusco. Cuaderno de Trabajo 33. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Ángeles-Cervantes E, López-Mata I. 2009. Supervivencia de una cohorte de *Abies religiosa* bajo diferentes condiciones post-incendio. Bol. Soc. Bot. Mex. 84:25–33.

[APG] Angiosperm Phylogeny Group. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV: Bot. J. Linn. Soc. 181(1):1–20. doi: 10.1111/boj.12385.

Ávila CH, Aguirre JR, García E. 1994. Variación estructural del bosque de oyamel (*Abies hickelli* Flous & Gaussen) en relación con factores ambientales en el Pico de Orizaba, México. Invest. Agr. Sist. Rec. Forest. 3(1):5–17.

Ávila-Bello CH, López-Mata L. 2001. Distribución y análisis estructural de *Abies hickelii* Flous y Gaussen en México. Interciencia. 26:244–251.

Calderón de RG, Rzedowski J. 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a edición. México: Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Calderón-Patrón JM, Moreno CE, Zuria I. 2012. La diversidad beta: medio siglo de avances. Rev. Mex. Biodivers. 83:879–891. doi:10.7550/rmb.25510.

Castillejos CC, Ramírez RRI. 1992. Florística y vegetación del estado de Tlaxcala. [Tesis]. [México]: Universidad Nacional Autónoma de México.

Contreras-Mendieta R, Castañeda-Aguado D, González-Zamora A. 2007. Gimnospermas. En: Luna I, Morrone JJ, Espinosa D, editores. Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. México: Universidad Nacional Autónoma de México. p. 213–222.

Cornejo-Tenorio G, Casas A, Farfán B, Villaseñor JL, Ibarra-Manríquez G. 2003. Flora y vegetación de las zonas núcleo de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, México. Bol. Soc. Bot. Mex. 73:43–62.

De Luna E. 1985. Afinidades fitogeográficas de los musgos de los extremos del Eje Neovolcánico, México. Biotica. 10:235–255.

Delgadillo C, Villaseñor JL, Dávila P. 2003. Endemism in the Mexican flora: a comparative study in three plant groups. Ann. Mo. Bot. Gard. 90:25–34.

Endara AAR, Franco MS, Nava BG, Valdez HJ, Fredericksen TS. 2012. Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, Mexico. J. Forestry Res. 23:39–44. doi: 10.1007/s11676-012-0226-8.

[GEM] Gobierno del Estado de México. 2007. Gaceta de Gobierno. Resumen Ejecutivo del Programa de Manejo del Parque Estatal denominado Santuario del Agua Presa Corral de Piedra. México: Gobierno del Estado de México.

Gernandt DS, Pérez- de la Rosa JA. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. Rev. Mex. Biodiver. 85:126–133. doi: 10.7550/rmb.32195.

Graham A. 1973. History of the arborescent temperate element in the northern Latin American biota. En: Graham A, editor. Vegetation and vegetational history of northern Latin America. Amsterdam: Elsevier. p. 301–314.

Guerrero-Hernández R, González-Gallegos JG, Castro-Castro A. 2014. Análisis florístico de *Abies* y el bosque mesófilo de montaña adyacente en Juanacatlán. Mascota, Jalisco, México. Bot. Sci. 92:541–562. doi: 10.17129/botsci.119.

Hammer O, Harper DTA, Ryan PD. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontology Electron. 4:1–9.

Harley RM, Atkins S, Bu-Dantsev AL, Cantino PD, Conn BJ, Grayer R, Haley MM, de Kok R, Krestovskaya T, Morales R, Panton AJ, Ryding O, Upson T. 2004. Labiatae. En: Kubitzki K, Kadereit JW, editores. Flowering plants. Dicotyledons. Lamiales (except Acanthaceae including Avicenniaceae). The Families and Genera of Vascular Plants Vol. 7. Berlin: Springer. p. 167–275.

Hernández RMRA. 1995. Estudio florístico fanerogámico del Parque Nacional El Chico, estado de Hidalgo. [Tesis]. [México]: Universidad Nacional Autónoma de México.

Heywood VH. 1985. Las plantas con flores. Barcelona: Reverté.

Lot A. Chiang F. 1986. Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. México: Consejo Nacional de la Flora de México.

Mabberley DJ. 1993. The plant book. A portable dictionary of the higher plants. London: Cambridge University Press.

Martínez-Gordillo M, Fragoso-Martínez I, García-Peña MR, Montiel O. 2013. Géneros de Lamiaceae de México, diversidad y endemismo. Rev. Mex. Biodiver. 84:30–86. doi: 10.7550/rmb.30158.

Martínez HP, Calderón MJR, Campos AH. 2009. Santuarios del Agua (SA) como política ambiental en el Estado de México, hacia una protección de los recursos hídricos, caso de estudio: Área Natural Protegida Parque Estatal (SA) Presa Corral de Piedra. Quivera, 11(1):22–35. doi: 20.500.11799/39071.

Moreno CE. 2001. Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa.

Morrone JJ. 2010. Fundamental biogeographic patterns across the Mexican Transition Zone: an evolutionary approach. Ecography. 33:355–361. doi: 10.1111/j.1600-0587.2010.06266.x.

Narave FH. 1985. La vegetación del Cofre de Perote, Veracruz, México. Biotica. 10:35–151.

Nieto de Pascual PC. 1995. Estudio sinecológico del bosque de oyamel de la cañada de Contreras, Distrito Federal. Rev. Cienc. Forest. Méx. 20:3–34.

Osorio RML. 1984. Flora y vegetación de la parte superior de la Sierra de Monte Alto en el Valle de México. [Tesis]. [México]: Universidad Nacional Autónoma de México.

Ramamoorthy TP, Elliott M. 1998. Lamiaceae de México: diversidad, distribución, endemismo y evolución. En: Ramamorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J, editores. Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución. México: Universidad Nacional Autónoma de México. p. 501–526.

Rentería DG, Cota O, Rubén G. 2005. Descripción del Medio Natural de la Cuenca Valle de Bravo, Estado de México. En:

[SEMARNAT] Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Plan para la Gestión Integral del Agua y Recursos Asociados de la Cuenca Valle de Bravo, Estado de México. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. p. 4–50.

Rzedowski J. 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Bot. Mex. 14:3–21.

Rzedowski J. 1991b. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. Acta Bot. Mex. 15:47–64.

Rzedowski J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J, editores. Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución. México: Universidad Nacional Autónoma de México. p. 129–145.

Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. 1ª edición digital. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Saavedra-Romero L, Alvarado-Rosales D, Vargas-Hernández J, Hernández-Tejeda T. 2003. Análisis de la precipitación pluvial en bosques de *Abies religiosa* (HBK.) Schlecht. et Cham., en el sur de la ciudad de México. Agrociencia. 1:57–64.

Sáenz-Romero C, Rehfeldt GE, Duval P, Lindig-Cisneros R. 2012. *Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. Forest Ecol. Manag. 275:98–106. doi: 10.1016/j.foreco.2012.03.004.

Sánchez-González A. 2004. Análisis sinecológico, florístico y biogeográfico de la vegetación del norte de la Sierra Nevada. [Tesis]. [México]: Colegio de Postgraduados.

Sánchez-González A, López-Mata L, Granados-Sánchez D. 2005. Semejanza florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schltdl. de la Faja Volcánica Transmexicana. Bol. Invest. Geograf. 56:62–76.

Sánchez-González A, López-Mata L, Vibrans H. 2006. Composición y patrones de distribución geográfica de la flora del bosque de oyamel del Cerro Tláloc, México. Bol. Soc. Bot. Mex. 79:67–78. doi: 10.17129/botsci.1734.

[SEMARNAT] Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Programa de conservación y manejo Parque Estatal Santuario de Agua: Presa Corral de Piedra. México: Gobierno del Estado de México.

[SEMARNAT] Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental - especies nativas de México de flora y fauna silvestres - categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - lista de especies en riesgo. México, D.F. México: Diario Oficial de la Federación (30 de diciembre 2010).

[SMA-GEM] Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México. 2006. Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal Santuario del Agua, Presa Corral de Piedra. México: Gobierno del Estado de México.

Silva-Pérez ML. 1998. Los bosques de coníferas del sur de la Cuenca de México: Fitosociología, diversidad y uso tradicional. [Tesis]. [México]: Universidad Autónoma del Estado de México.

[SNIF] Sistema Nacional de Información Forestal. c2012. Inventario nacional forestal y de suelos. Informe 2004–2009. Comisión Nacional Forestal, México. [Revisada en: 26 Jul 2017]. http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/infys/temas/resultados-2004-2009

The Plant List. c2013. Versión 1.1. [Revisada en: 02 Ene 2018]. http://www.theplantlist.org

Tropicos. c2014. Missouri Botanical Garden. [Revisada en: 02 Ene 2018]. http://www.tropicos.org

Valencia-A S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Bol. Soc. Bot. Méx. 75:33–53. doi: 10.17129/botsci.1692.

Vidal O, López-García J, Rendón-Salinas E. 2013. Trends in deforestation and forest degradation after a decade of monitoring in the monarch butterfly Biosphere Reserve in Mexico. Conserv. Biol. 28(1):177–186. doi: 10.1111/cobi.12138.

Villaseñor JL. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. Interciencia. 28:160–167.

Villaseñor JL. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. Bol. Soc. Bot. Méx. 75:105–135. doi:10.17129/botsci.1694.

Villaseñor JL. 2016. Checklist of the native vascular plants of México. Rev. Mex. Biodiver. 87:559–902. doi:10.1016/j.rmb.2016.06.017.

Villaseñor JL, Ortiz E. 2007. La Familia Asteraceae en la Faja Volcánica Transmexicana. En: Luna I, Morrone JJ, Espinosa D, editores. Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. México: Universidad Nacional Autónoma de México. p. 289–310.

Villaseñor JL, Ortiz E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. Rev. Mex. Biodiver. 85:134–142. doi:10.7550/rmb.31987.

Villaseñor JL, Ortiz E, Redonda-Martínez R. 2008. Catálogo de autores de plantas vasculares de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Villers-Ruíz L, García del Valle L, López-Blanco J. 1998. Evaluación de los bosques templados en México: una aplicación en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Bol. Invest. Geograf. 36:7–19.

Villers-Ruíz L, Trejo-Vázquez I. 1998. El impacto del cambio climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. Interciencia. 23(1):10–19.

Wester P, Claßen-Bockhoff R. 2007. Flora diversity and pollen transfer mechanisms in bird-pollinated *Salvia* species. Ann. Bot-London. 100:1–21. doi:10.1093/aob/mcm036.

Recibido: 11/11/2017
Aceptado: 17/01/2018